**Физические и симметрийные принципы функционирования молекулярных машин**

***Новождён М.В.***

*студент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*novozhden.mv18@physics.msu.ru*

На данный момент в науках, тесно связанных с функционированием живого, остро стоит ворос описания и понимания механизмов работы белков в наших клетках. В списке вопросов фигурируют такие проблемы как фолдинг белка, влияние конформационных изменений на работу белка (в т.ч. эффект кооперативности), особенности термодинамики в области, далекой от равновесия - в проточной системе, коей является клетка, а также многие другие вопросы. Однако инструментарий только биологии не позволяет выяснить досконально, каким закономерностям подчиняются данные процессы, в связи с чем эту проблему возможно объяснить только физическими и биофизическими принципами.

Впервые идеи молекулярных машин появились в отечественной литературе на кафедре биофизики физического факультета МГУ в работах Л.А. Блюменфельда [1]. В его книге излагаются идеи применения термодинамики к системам, состоящим из малого числа молекул в условиях клетки, рассматриваются принципы энтальпийных и энтропийных машин, вводится понятие конструкции. Однако такие принципиальные для реализации подобных структур идеи, как симетрийные переходы, были введены и оценены численно позже, в работах В.А. Твердислова и Е.В. Малышко [2]. Также было предложено определение молекулярной машины, как механизма, способного в циклическом режиме совершать полезную работу, путем сопряженного нарушения симметрии и преобразования формы энергии

Благодаря достижениям биохимии и современным методам анализа мы имеем много данных о белковых структурах, мы знакомы с принципами работы некоторых из них достаточно хорошо, но не имеем способа ни проследить путь образования конформации белка, исходя из строгих закономерностей, ни оценить его механику. Кроме того, ферментативная кинетика строится на ряде допущений, не применимых к биологическим макромолекулам [1].

Для разрешения этих проблем исследователи прибегают к различным методам: от моделирования молекулярной динамики до алгоритмов искусственного интеллекта. В этой работе будут рассмотрены современные представления о молекулярных машинах с точки зрения статистической физики сложных систем. Макромолекулы – статистические системы сами по себе [3], что позволяет исследовать энергетические преобразования в них в рамках статистической физики. Сложности возникают из-за неравновесности конформационных переходов внутри макромолекул, которые играют ключевую роль в рабочем цикле молекулярных механизмов. Кроме того, сама среда, в которой рождаются и функционируют макромолекулы, далека от термодинамического равновесия, что приводит к значительным флуктуациям, оценка которых также является трудоемкой задачей.

Целью работы является подбор и систематизация существующих подходов к физическому описанию работы макромолекул, выделение на их основе нелинейных управляющих элементов конструкции, а также рассмотрение их устройства в рамках симметрийных переходов.

Целью работы является подбор и систематизация существующих подходов к физическому описанию работы макромолекул, выделение на основе их нелинейных управляющих элементов конструкции, а также рассмотрение их устройства в рамках симметрийных переходов.

Результаты данной работы могут быть использованы для дальнейшего развития представлений о молекулярных механизмах.

**Литература**

1. Л.А. Блюменфельд Решаемые и нерешаемые проблемы биологичесой физики. М.: Едиториал УРСС, 2002.
2. А.Э. Сидорова, Н.Т. Левашова, Е.В. Малышко, В.А. Твердислов Автоволновая самоорганизация в фолдинге белков // ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2019. № 3. С. 3-14.
3. Лившиц И.М. Некоторые вопросы статистической теории биополимеров// ЖЭТФ, 1968, Т.55., С. 2408